

文章编号: 1673- 9620 (2007) 01- 0009- 05

# PTC 法合成杂环羧酸类 1- O- 芳酰基- 2, 3, 4, 6- 四- O- 乙酰基- $\beta$ - D- 吡喃己糖化合物的研究<sup>\*</sup>

陈 勇<sup>1</sup>, 周国平<sup>1</sup>, 梁 俊<sup>2</sup>, 马燕东<sup>2</sup>

(1 江苏工业学院 化学工程系, 江苏 常州 213164)

**摘要:** 以十六烷基三甲基溴化铵作为相转移催化剂, 用 2, 3, 4, 6- 四- O- 乙酰基-  $\alpha$ - D- 溴代吡喃葡萄糖与杂环羧酸反应, 合成了相应的 1- O- 芳酰基- 2, 3, 4, 6- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖。初步结果显示当碳酸钾与杂环羧酸物质的量比为 2.0: 1 时, 反应温度为 50  $^{\circ}\text{C}$  时, 反应时间为 5 h 时, 收率较好。另外通过解析这些化合物 IR、<sup>1</sup>H NMR 确证了这些 1- O- 芳酰基- 2, 3, 4, 6- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖化合物的结构, 确证其糖苷键构型均为  $\beta$  型异构。该相转移催化法具有反应条件温和, 后处理简单和立体选择性强等优点。

**关键词:** 相转移催化法; 1- O- 芳酰基- 2, 3, 4, 6- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖; 杂环羧酸; 糖苷键

中图分类号: O 626

文献标识码: A

## Study of Synthesis of 1- O- Aroyl- 2, 3, 4, 6- tetra- O- acetyl- $\beta$ - D- glucopyranoses of Heterocyclic Carboxylic Acids by PTC Method

CHEN Yong<sup>1</sup>, ZHOU Guo- ping<sup>1</sup>, LIANG Jun<sup>2</sup>, MA Yan- dong<sup>2</sup>

(1. Department of Chemical Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China)

**Abstract:** Seven 1- O- Aroyl- 2, 3, 4, 6- tetra- O- acetyl-  $\beta$ - D- glucopyranoses of heterocyclic carboxylic acids were synthesized by reaction of 2, 3, 4, 6- tetra- O- acetyl-  $\alpha$ - D- glucopyranosyl bromide with corresponding heterocyclic carboxylic acid using cetyltrimethyl ammonium bromide as a phase- transfer catalyst. The preliminary results showed that when the molar ratio of potassium carbonate to heterocyclic carboxylic acid was 2.0: 1, the reaction temperature was 50  $^{\circ}\text{C}$  and reaction time was 5 h, the yield was good. In the IR spectra of these products, the absorption of bending vibration of C<sub>1</sub>- H bond in glycosyl- ring appears at about 910  $\text{cm}^{-1}$ . In the <sup>1</sup>H NMR spectra of the products, the chemical shift of C<sub>1</sub>- H in glycosyl- ring appears at downfield, the coupling constant  $J_{1-2} = 7.0 - 7.5$ . The IR, <sup>1</sup>H NMR spectra confirmed their  $\beta$ - anomer configuration. The method has advantages of mild reaction conditions, easy separation and high stereospecificity of the products.

**Key words:** phase- transfer catalytic method; 1- O- Aroyl- 2, 3, 4, 6- tetra- O- acetyl-  $\beta$ - D- glucopyranose; heterocyclic carboxylic acid; glucosidic bond

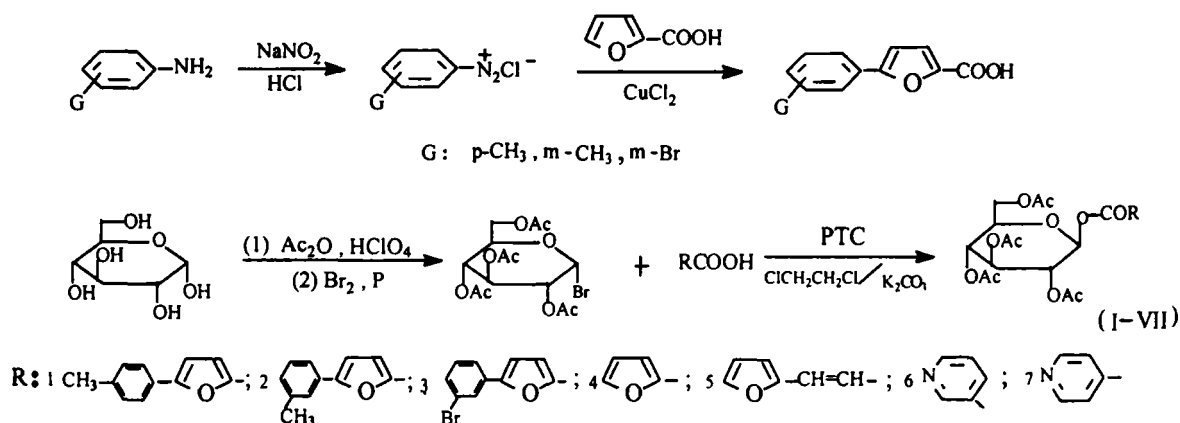
糖苷键化合物广泛存在于动植物机体中且很多具有生物活性, 如某些糖酯类化合物具有杀菌、

\* 收稿日期: 2006- 04- 28

作者简介: 陈勇 (1971- ), 男, 江苏常州人, 硕士, 讲师; 2- 分别为本院材料系 2001 届, 化工系 2002 届毕业生。

抗肿瘤生物活性<sup>[1]</sup>。因此很多化学工作者也合成了一些糖酯类化合物, 1976 年 Nishikawa Y. 等人合成了一系列脂肪酸糖酯化合物并发现具有抗肿瘤的生理活性<sup>[2]</sup>; 1988 年 Sing P. 等人合成了取代丙酸糖酯发现具有抗炎活性<sup>[3]</sup>; 刘惠英等人亦合成了苯氧乙酸类四乙酰葡萄糖酯和萘环羧酸类四乙酰葡萄糖酯并发现某些化合物具有植物生长调节生理活性<sup>[4,5]</sup>。考虑到杂环羧酸化合物本身具有杀菌、抗炎等特殊的生物活性, 把它引入到 2, 3, 4, 6- 四- O- 乙酰基-  $\alpha$ - D- 溴代吡喃葡萄糖中合成杂环羧酸类 1- O- 芳酰基- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖, 希望能得到具有杀菌、抗炎等生物活性

的新一类糖酯化合物 (有关其生物活性有待进一步测试)。目前, 有关糖酯合成的方法也很多, 如 Koenigs- Knorr 法、酰氯法、引入离去基团法、银盐法、均相法、相转移催化法等<sup>[6]</sup>。本文通过相转移催化法, 选用不同文献 [6] 的催化剂、溶解羧酸的碱及溶剂体系, 由 2, 3, 4, 6- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 溴代吡喃葡萄糖与不同类型杂环羧酸反应, 合成了 7 个杂环羧酸类 1- O- 芳酰基- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖, 并对这些化合物进行确证。实验结果发现, 该法操作简单, 产物容易提纯, 反应立体选择性强, 是合成  $\beta$  构型糖酯化合物一条很有用的路线。合成路线如下:



## 1 实验部分

### 1.1 仪器与试剂

FT/IR- 460 型红外光谱仪, 溴化钾压片; 240B 型元素分析仪; ARX300 型核磁共振仪, CDCl<sub>3</sub> 为溶剂, TMS 为内标; 毛细管法测熔点, 温度计未校正。

2, 3, 4, 6- 四- O- 乙酰基-  $\alpha$ - D- 溴代吡喃葡萄糖按文献 [7] 合成, 与 ClCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>Cl 配制成溶液后, 冰箱保存; 5- 芳基- 2- 呋喃甲酸由相应的芳胺经重氮化后与呋喃甲酸缩合而制成<sup>[8]</sup>; 呋喃甲酸和呋喃丙烯酸按文献 [9] 合成; 其余试剂均为市售分析纯或化学纯。

### 1.2 标题化合物的合成

在 100 mL 三口烧瓶中加入 6 mmol 杂环羧酸, 加入 12 mmol 碳酸钾, 水 10 mL, 加热搅拌至溶, 加入 0.23 g 十六烷基三甲基溴化铵与 ClCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>Cl 20 mL 配制的溶液, 搅拌 0.5 h。然

后缓慢滴入 7 mmol 2, 3, 4, 6- 四- O- 乙酰基-  $\alpha$ - D- 溴代吡喃葡萄糖与 10 mL ClCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>Cl 配制成的溶液, 控制油浴温度在 50 ℃左右, 继续搅拌 5 h。反应完毕后冷却, 分出有机层, 水层用 ClCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>Cl 萃取 (2 × 10 mL), 合并有机层。有机层分别经 10% 碳酸钾溶液、水洗后, 用 MgSO<sub>4</sub> 干燥。抽滤, 滤液减压蒸除溶剂。残余物以无水乙醇重结晶两次得纯品, 求出产率。杂环羧酸类 1- O- 芳酰基- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖化物的实验结果及光谱数据如下:

化合物: 白色固体, 产率 68.2%, m.p 188~ 189 ℃; 元素分析, C<sub>26</sub>H<sub>28</sub>O<sub>12</sub>, 实测值 (计算值), %: C 58.78 (58.65), H 5.10 (5.26); IR  $\nu$ : 1764 (vs,  $\nu_{C=O}$ ), 1283~ 1214, 1143~ 1031 (vs, 糖环双肩峰), 1535, 1438 (芳环), 912 (糖环 C1-H 的弯曲振动); <sup>1</sup>H NMR  $\delta$ : 2.03~ 2.07 (m, 12H, 4CH<sub>3</sub>CO), 3.85~ 4.36 (m, 3H, H-5', H-6'), 5.06~ 5.38 (m, 3H, H-2', H-3', H-4'), 5.84 (d, J = 7.2, 1H, H-1'), 6.92~ 7.31 (m, 2H, Fu-

ran- ringH) 7.92~ 8.26 (m, 4H, Ar- H), 2.34 (s, 3H, Ar- CH<sub>3</sub>).

化合物 : 白色固体, 产率 53.6%, m. p. 165~ 167 °C; 元素分析, C<sub>26</sub>H<sub>28</sub>O<sub>12</sub>, 实测值 (计算值), %: C 58.48 (58.65), H 5.39 (5.26); IR  $\nu$ : 1759 (vs,  $\nu_{C=O}$ ), 1278~ 1220, 1170~ 1040 (vs, 糖环双肩峰), 1514, 1480 (芳环), 910 (糖环 C<sub>1</sub>- H 的弯曲振动); <sup>1</sup>HNMR  $\delta$ : 2.03~ 2.09 (m, 12H, 4CH<sub>3</sub>CO), 3.84~ 4.29 (m, 3H, H- 5', H- 6'), 5.08~ 5.33 (m, 3H, H- 2', H- 3', H- 4'), 5.79 (d,  $J$  = 7.2, 1H, H- 1'), 6.88~ 7.32 (m, 2H, Furan- ringH), 7.58~ 8.53 (m, 4H, Ar- H), 2.30 (s, 3H, Ar- CH<sub>3</sub>).

化合物 : 白色固体, 产率 58.4%, m. p. 143~ 144 °C; 元素分析, C<sub>25</sub>H<sub>25</sub>O<sub>12</sub>Br, 实测值 (计算值), %: C 49.89 (50.25), H 4.41 (4.19); IR  $\nu$ : 1761 (vs,  $\nu_{C=O}$ ), 1281~ 1217, 1136~ 1030 (vs, 糖环双肩峰), 1520, 1468 (芳环), 914 (糖环 C<sub>1</sub>- H 的弯曲振动); <sup>1</sup>HNMR  $\delta$ : 2.05~ 2.10 (m, 12H, 4CH<sub>3</sub>CO), 3.82~ 4.36 (m, 3H, H- 5', H- 6'), 5.06~ 5.27 (m, 3H, H- 2', H- 3', H- 4'), 5.81 (d,  $J$  = 7.5, 1H, H- 1'), 6.72~ 7.39 (m, 2H, Furan- ringH), 7.56~ 8.43 (m, 4H, Ar- H).

化合物 : 白色固体, 产率 46.1%, m. p. 101~ 103 °C; 元素分析, C<sub>19</sub>H<sub>22</sub>O<sub>12</sub>, 实测值 (计算值), %: C 51.19 (51.58), H 4.61 (4.98); IR  $\nu$ : 1742 (vs,  $\nu_{C=O}$ ), 1280~ 1225, 1151~ 1038 (vs, 糖环双肩峰), 1610, 1514, (呋喃环), 914 (糖环 C<sub>1</sub>- H 的弯曲振动); <sup>1</sup>HNMR  $\delta$ : 2.05~ 2.09 (m, 12H, 4CH<sub>3</sub>CO), 3.82~ 4.39 (m, 3H, H- 5', H- 6'), 5.09~ 5.28 (m, 3H, H- 2', H- 3', H- 4'), 5.83 (d,  $J$  = 7.2, 1H, H- 1'), 6.52~ 7.26 (m, 3H, Furan- ringH).

化合物 : 白色固体, 产率 44.7%, m. p. 97~ 98 °C; 元素分析, C<sub>21</sub>H<sub>24</sub>O<sub>12</sub>, 实测值 (计算值), %: C 53.37 (53.85), H 4.86 (5.13); IR  $\nu$ : 1743 (vs,  $\nu_{C=O}$ ), 1267~ 1211, 1136~ 1038 (vs, 糖环双肩峰), 1606, 1511 (呋喃环), 908 (糖环 C<sub>1</sub>- H 的弯曲振动); <sup>1</sup>HNMR  $\delta$ : 2.05~ 2.08 (m, 12H, 4CH<sub>3</sub>CO), 3.85~ 4.40 (m, 3H, H- 5', H- 6'), 5.12~ 5.30 (m, 3H, H- 2', H- 3', H- 4'), 5.82 (d,  $J$  = 7.0, 1H,

H- 1'), 6.27~ 7.68 (m, 5H, Furan- ringH, - CH= CH- ).

化合物 : 白色固体, 产率 53.5%, m. p. 140~ 141 °C; 元素分析, C<sub>20</sub>H<sub>23</sub>N O<sub>11</sub>, 实测值 (计算值), %: C 52.63 (52.98), H 4.83 (5.08); IR  $\nu$ : 1752 (vs,  $\nu_{C=O}$ ), 1278~ 1215, 1136~ 1038 (vs, 糖环双肩峰), 1580, 1428, 1382 (吡啶环), 908 (糖环 C<sub>1</sub>- H 的弯曲振动); <sup>1</sup>HNMR  $\delta$ : 2.03~ 2.08 (m, 12H, 4CH<sub>3</sub>CO), 3.75~ 4.31 (m, 3H, H- 5', H- 6'), 5.09~ 5.36 (m, 3H, H- 2', H- 3', H- 4'), 5.78 (d,  $J$  = 7.2, 1H, H- 1'), 7.67~ 8.71 (m, 4H, pyridine- ringH).

化合物 : 白色固体, 产率 47.8%, m. p. 110~ 112 °C; 元素分析, C<sub>20</sub>H<sub>23</sub>N O<sub>11</sub>, 实测值 (计算值), %: C 52.56 (52.98), H 5.47 (5.08); IR  $\nu$ : 1752 (vs,  $\nu_{C=O}$ ), 1251~ 1216, 1139~ 1033 (vs, 糖环双肩峰), 1562, 1408, 1375 (吡啶环), 907 (糖环 C<sub>1</sub>- H 的弯曲振动); <sup>1</sup>HNMR  $\delta$ : 2.04~ 2.09 (m, 12H, 4CH<sub>3</sub>CO), 3.73~ 4.32 (m, 3H, H- 5', H- 6'), 5.07~ 5.34 (m, 3H, H- 2', H- 3', H- 4'), 5.79 (d,  $J$  = 7.3, 1H, H- 1'), 7.43~ 8.52 (m, 4H, pyridine- ringH).

## 2 结果与讨论

### 2.1 标题化合物相转移催化法合成

目前, 文献报道的 PTC 法合成 1- O- 芳酰基- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖化合物都是用氢氧化钠溶液溶解羧酸, 其质量分数在 1.4%~ 20% 不等, 羧酸与碱的物质的量比在 1: 2~ 1: 4, 反应温度为常温~ 70 °C, 反应时间 0.5~ 15 h, 所用相转移催化剂有四丁基溴化铵、新洁尔灭、十六烷基三甲基溴化铵、氯 (或溴) 化三乙基苄基铵等, 所用溶剂为二氯甲烷、氯仿、1, 2- 二氯乙烷等。由于 2, 3, 4, 6- 四- O- 乙酰基-  $\alpha$ - D- 溴代吡喃葡萄糖在碱性介质中不稳定, 易发生水解, 且随着氢氧化钠用量及浓度的增加, 体系 pH 升高, 分解速度加快。改用碳酸钾代替氢氧化钠, 羧酸与碱的物质的量比为 1: 2 时, 对于同一糖酯化化合物的合成, 可以大大提高其产率。例如 1- O- 呋喃甲酰基- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖化合物的合成, 按常规方法用 5% 氢氧化钠溶液溶

解羧酸，羧酸与碱的物质的量比为 1：2 时，发现产率不够理想为 17.8%，若改用碳酸钾后，产率提高到了 46.1%。

用相转移催化法合成杂环羧酸类 1- O- 芳酰基- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖化合物具有操作简单、产物易纯化、产率较高、反应立体选择性高等优点。反应中，碳酸钾的用量、反应温度和反应时间及催化剂的选择对产物收率有较大影响。在合成 1- O- 呋喃甲酰基- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖化合物 时，对这些因素作了初步探讨。

2 1 1 碳酸钾与杂环羧酸物质的量比对收率影响

用十六烷基三甲基溴化铵作为相转移催化剂，反应温度为 50℃，反应时间为 5 h，选择不同的碳酸钾与呋喃甲酸物质的量比，结果见表 1。

表 1 物质的量比对标题化合物 收率影响

Table 1 Effect of ratio of materials on the yield of compound					
$n(\text{K}_2\text{CO}_3) : n(\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_3)$	1 5 :	1 1 8 :	1 2 0 :	1 2 2 :	1 2 5 :
Yield/ %	36 2	41 5	46 1	35 4	28 7

碳酸钾与呋喃甲酸的物质的量比从 1.5：1 提高 2.0：1 时，1- O- 呋喃甲酰基- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖化合物 的收率从 36.2% 提高到 46.1%，这是因为碳酸钾的量不足时，呋喃甲酸物质难以完全溶解于反应体系导致收率不高；但当碳酸钾与呋喃甲酸的物质的量比从 2.0：1 提高 2.5：1 时，收率反而下降，这是由于 2, 3, 4, 6- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 溴代吡喃葡萄糖在碱性介质中不稳定，易发生水解反应，且随着碱用量的增加体系 pH 升高，水解速度加快。

2 1 2 反应温度对收率的影响

用十六烷基三甲基溴化铵作为相转移催化剂，碳酸钾与呋喃甲酸的物质的量比为 2.0：1，反应时间为 5 h，选用不同的反应温度。结果见表 2。

表 2 反应温度对标题化合物 收率影响

Table 2 Effect of reaction temperature on the yield of compound					
Reaction temperature/℃	30	40	50	60	70
Yield/ %	22 5	33 2	46 1	42 5	38 4

反应温度从 30℃ 提高到 50℃，1- O- 呋喃甲酰基- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖化合物的收率有明显提高，从 22.5% 提高至 46.1%。反应温度继续提高，收率反而下降。因此反应温度过高或过低时都对反应不利，温度过低，反应速度慢，需延长时间；温度过高，则水解速度加快，使产率降低。

2 1 3 反应时间对收率的影响

用十六烷基三甲基溴化铵作为相转移催化剂，碳酸钾与呋喃甲酸的物质的量比为 2.0：1，反应温度为 50℃，选用不同的反应时间。结果见表 3。

表 3 反应时间对标题化合物 收率影响

Table 3 Effect of reaction time on the yield of compound					
Reaction time/ h	3 0	4 0	5 0	6 0	7 0
Yield/ %	35 1	41 0	46 1	44 2	43 4

反应时间从 3 h 提高到 5 h，1- O- 呋喃甲酰基- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖化合物 的收率从 35.1% 提高至 46.1%。随着反应时间的继续增加，收率有所下降。成酯时间过短，会使反应不完全；但时间过长，也会使已生成的酯发生水解，从而降低收率。

2 1 4 催化剂种类对收率影响

在其他条件不变，仅选取了十六烷基三甲基溴化铵和四丁基溴化铵作为催化剂，1- O- 呋喃甲酰基- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖化合物的收率分别为 40.3% 和 46.1%。如果能在催化剂、溶剂种类方面作进一步探索，以便获得更好的反应效果是有可能的。

目前初步总结出相转移催化法合成杂环羧酸类 1- O- 芳酰基- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖化合物较为适宜条件是：以二氯乙烷为溶剂，十六烷基三甲基溴化铵为催化剂，碳酸钾与杂环羧酸物质的量比 2.0：1，反应温度为 50℃ 左右，反应时间 5 h，效果较好，产率较高。

2 2 标题化合物谱图分析

1- O- 芳酰基- 2, 3, 4, 6- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖化合物的波谱分析中，尤以  $^1\text{H}$  NMR 谱图最为重要。在  $^1\text{H}$  NMR 谱图中，由于化合物的糖环  $\text{C}_1-\text{H}$  受酯基的强吸电性，其化学位移均出现在低场，未被糖环上其它质子的化学位移掩蔽，易于辨认。糖环  $\text{C}_1-\text{H}$  由于受到  $\text{C}_2-\text{H}$  的影响而裂分为二重峰，在  $\beta$  型异构体中  $J_{1-2} = 7\sim 13\text{ Hz}$ ， $\alpha$  型异构体中  $J_{1-2} = 2\sim 6\text{ Hz}$ 。在糖环  $\text{C}_1-\text{H}$  裂分所成二重峰之间还能观察到一些小峰。这是由于在这些化合物中， $\text{C}_1-\text{H}$  与  $\text{C}_3-\text{H}$  和  $\text{C}_4-\text{H}$  之间存在远程偶合与虚假偶合。 $\beta$  型异构体中  $\delta_{\text{C}_1-\text{H}}$  在 5.69~ 6.01 范围内，较  $\alpha$  型异构体中  $\delta_{\text{C}_1-\text{H}}$  小<sup>[4~ 6, 10]</sup>。根据糖环  $\delta_{\text{C}_1-\text{H}}$  和偶合常数  $J_{1-2}$ ，可以判断这些 1- O- 芳酰基- 2, 3, 4, 6- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖糖苷键的类型。标

题化合物  $\delta C_1-H$  为 5.78~5.84,  $J_{1-2}=7.0\sim7.5$  说明均为  $\beta$  型异构体。从 1- O- 芳酰基- 2,3,4,6- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖化合物的 IR 谱图可以看到, 在  $1\,000\sim1\,350\text{ cm}^{-1}$  内有两个宽而强的吸收峰 (糖环双肩峰), 在  $1\,750\text{ cm}^{-1}$  附近有强的羰基吸收峰。糖环  $C_1-H$  的弯曲振动吸收亦常用来辅助判断糖苷键的类型。 $\beta$  型异构体中糖环  $C_1-H$  的弯曲振动吸收常在  $899\sim913\text{ cm}^{-1}$ , 而  $\alpha$  型异构体中糖环  $C_1-H$  的弯曲振动吸收常在  $840\text{ cm}^{-1}$  [11]。所合成的 1- O- 芳酰基- 2,3,4,6- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖化合物 - 中糖环的弯曲振动吸收峰均在  $910\text{ cm}^{-1}$  附近, 进一步说明它们均为  $\beta$  型异构体。

### 3 结 论

本文以十六烷基三甲基溴化铵作为相转移催化剂, 1, 2- 二氯乙烷为溶剂, 用碳酸钾溶解杂环羧酸后, 与 2,3,4,6- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 溴代吡喃葡萄糖反应, 合成 7 个杂环羧酸类 1- O- 芳酰基- 2,3,4,6- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖; 并对影响产物收率的因素作了初步探讨。初步结果显示: 当碳酸钾与杂环羧酸物质的量比为 2.0 : 1 时, 反应温度为  $50\text{ }^\circ\text{C}$  时, 反应时间为 5 h 时, 收率较好。另外通过对这些化合物 IR、 $^1\text{H NMR}$  的解析, 确证了这些化合物的结构, 其糖苷键构型均为  $\beta$  型异构。该相转移催化法具有反应条件温和, 后处理简单和立体选择性强等优点。

### 参考文献:

- [1] 陈勇, 韩国防, 刘惠英. 3- 二茂铁基- 2- 丁烯酸糖酯的合成及其抗贫血活性 [J]. 江苏工业学院学报, 2004, 16 (2): 8-10
- [2] Nishikawa Y, Yoshimoto K, Kurono N, et al. Chemical and biochemical studies on carbondrate esters preparation and analytical properties of 1- O- fattyacyl-  $\alpha$ - D- glucopyranoses [J]. Chem Pharm Bull, 1976, 24: 387-390
- [3] Sing P, Hingorani L. Antiinflammatory derivatives of substituted propionic acids [J]. India J Chem, 1986, 25B: 337-339
- [4] 刘惠英, 杨振海, 陈勇. 萘环羧酸类四乙酰葡萄糖酯合成及生物活性研究 [J]. 武汉大学学报 (自然科学版), 1997, 43 (4): 417-422
- [5] 刘惠英, 杨振海. 苯氧乙酸类四乙酰葡萄糖酯的合成及其生理活性的探索 [J]. 化学试剂, 1994, 16 (3): 151-155
- [6] 陈勇. 二茂铁衍生物糖苷化合物合成及生物活性研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 1997
- [7] Whistler R L, Wolfrom M L. Method in carbohydrate chemistry [M]. Vol 2. London: Academic Press Inc, 1963 221
- [8] Krutosikova A, Kovac J, Sykora V. The synthesis of 5- aryl- furancarboxylic acid, collect [J]. Czech Chem Commun, 1974, 39: 1892-1897
- [9] 关烨弟, 李翠娟, 葛树丰. 有机化学实验 [M]. 第二版. 北京: 北京大学出版社, 2002 177-179
- [10] 王世玉, 陈云东, 李翠娟, 等. 1- O- 芳酰基-  $\beta$ - D- 吡喃葡萄糖四乙酸酯和 1- O- 芳基- D- 吡喃葡萄糖的立体选向合成 [J]. 高等学校化学学报, 1991, 12 (4): 482-484
- [11] 赵生敏, 潘鑫复, 张功成, 等. 相转移催化法合成 1- O- 酰基- 四- O- 乙酰基-  $\beta$ - D- 吡喃己糖 [J]. 有机化学, 1998, 18 (4): 324-327